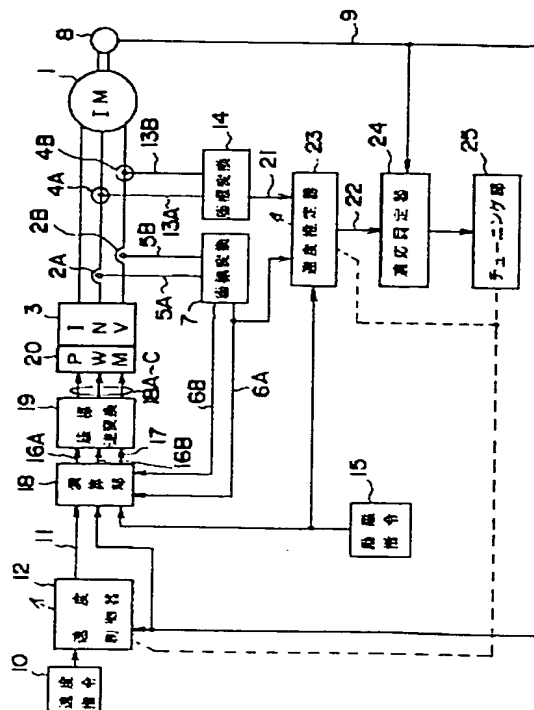


(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成7年(1995)8月11日



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 誘導電動機と、

この誘導電動機の 1 次電流を検出するための電流検出器と、

上記誘導電動機を可変周波数で駆動する電力変換手段と、

上記誘導電動機の 1 次電圧を検出するための電圧検出器と、

上記電流検出器によって検出された上記 1 次電流をトルク電流と電磁電流とに分ける電流座標変換器と、

上記誘導電動機の回転速度を検出するための速度検出器と、

この速度検出器からの上記検出速度および速度指令に基づいて、トルク指令を出力する速度制御器と、

上記電圧検出器によって検出された上記 1 次電圧をトルク軸電圧と励磁軸電圧とに分ける電圧座標変換器と、

上記速度制御器から出力された上記トルク指令、励磁指令、上記電流座標変換器から得られる上記各電流および

上記速度検出器からの上記検出速度に基づいて、励磁軸電圧指令および出力周波数指令を算出する演算器と、

この演算器から得られた上記各電圧成分を上記出力周波数指令の 3 相交流電圧指令に逆変換する逆変換器と、

この逆変換器で逆変換された 3 相交流電圧指令に基づいて、上記電力変換手段の各スイッチング波形を生成する PWM 制御器とを有する制御装置において、

上記電流座標変換器からの上記トルク電流、上記電圧座標変換器からの上記トルク軸電圧、上記励磁指令および誘導電パラメータに基づいて、上記誘導電動機の推定速度を算出する速度推定器と、

この速度推定器によって得られた上記推定速度と上記速度検出器からの上記検出速度との誤差に基づいて、上記検出速度の変化幅が所定の範囲を越えた場合に、電動機イナーシャを適応的に同定する適応同定器と、

この適応同定器の同定イナーシャ値に応じて、上記速度推定器から得られた上記推定速度のパラメータおよび上記速度制御器のゲインを変更するチューニング部とを具備したことを特徴とする誘導電動機の制御装置。

【請求項 2】 上記電流検出器で検出された上記 1 次電流、上記電圧検出器によって検出された上記 1 次電圧および上記誘導電動機の電気のパラメータに基づいて、磁束を推定する磁束推定器と、

この磁束推定器の内部信号を用いて適応的に上記誘導電動機の速度を推定する第 2 の速度推定器とを具備し、

この第 2 の速度推定器から得られた上記推定速度を上記検出速度として用いることを特徴とする請求項 1 記載の誘導電動機の制御装置。

【請求項 3】 上記速度制御器から出力されたトルク指令および上記速度検出器からの上記検出速度に基づいて、上記誘導電動機に加わる外乱トルクを補償する外乱トルク補償器を具備し、

上記適応同定器の同定イナーシャ値に応じて、上記外乱トルク補償器のパラメータを変更する機能を上記チューニング部に付加したことを特徴とする請求項 1 記載の誘導電動機の制御装置。

【請求項 4】 上記速度制御器から出力されたトルク指令、上記磁束推定器のパラメータおよび上記第 2 の速度推定器から得られた上記推定速度に基づいて、上記誘導電動機に加わる外乱トルクを補償する外乱トルク補償器を具備し、

10 上記適応同定器の同定イナーシャ値に応じて、上記外乱トルク補償器のパラメータを変更する機能を上記チューニング部に付加したことを特徴とする請求項 2 記載の誘導電動機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、誘導電動機の制御装置に係り、特に電力変換手段を用いて直流電動器と同等以上の特性で誘導電動機を制御するための制御装置に関する。

20 【0002】

【従来の技術】従来、誘導電動機を制御するための制御装置では、図 8 に示すように、例えば運転開始前やセットアップ時に、速度指令 10 にステップ状の指令を与えたときの速度の応答波形の特徴に基づいて、調整ルールから作業者がマニュアル操作したり、または、マイクロコンピュータ等による調整ルーチンを実行するなどして、速度制御器 12 のパラメータを調整していた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記したような調整作業は、通常の運転とは別に調整運転を必要とする。このため、対象付加のイナーシャが変更される場合に、その都度、通常運転から調整運転に切り換える必要とならず、非常に効率が悪い問題があった。

【0004】本発明は上記のような点に鑑みなされたもので、通常運転時における連続的な速度制御器の自動調整を実現できる誘導電動機の制御装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

(1) 第 1 の発明にあつては、電流座標変換器からのトルク電流、電圧座標変換器からのトルク軸電圧、励磁指令および誘導電動機の電気のパラメータに基づいて、誘導電動機の推定速度を算出する速度推定器と、この速度推定器から得られた推定速度と速度検出器からの検出速度との誤差に基づいて、検出速度の変化幅が所定の範囲を越えた場合に、電動機イナーシャを適応的に同定する適応同定器と、この適応同定器の同定イナーシャ値に応じて、速度推定器から得られた推定速度のパラメータおよび速度制御器のゲインを変更するチューニング部とを備えることにより、特別な調整運転を必要とすることな

く、通常の運転時に速度制御器のゲインを最適値に調整可能とするものである。

【0006】(2) 第2の発明にあつては、上記第1の発明において、電流検出器で検出された1次電流、電圧検出器によって検出された1次電圧および誘導電動機の電氣的パラメータに基づいて、磁束を推定する磁束推定器と、この磁束推定器の内部信号を用いて適応的に誘導電動機1の速度を推定する第2の速度推定器とを具備し、第2の速度推定器から得られた推定速度を検出速度として用いることにより、速度検出器を持たない場合でも、特別な調整運転を必要とすることなく、通常の運転時に速度制御器のゲインを最適値に調整可能とするものである。

【0007】(3) 第3の発明にあつては、上記第1の発明において、速度制御器から出力されたトルク指令および速度検出器からの検出速度に基づいて、誘導電動機に加わる外乱トルクを補償する外乱トルク補償器を具備し、適応同定器の同定イナーシャ値に応じて、外乱トルク補償器のパラメータを変更する機能をチューニング部に付加したことにより、特別な調整運転を必要とすることなく、通常の運転時に外乱トルク補償器と速度制御器のゲインを最適値に調整可能とするものである。

【0008】(4) 第4の発明にあつては、上記第2の発明において、速度制御器から出力されたトルク指令、磁束推定器のパラメータおよび第2の速度推定器から得られた推定速度に基づいて、誘導電動機に加わる外乱トルク

*クを補償する外乱トルク補償器を具備し、適応同定器の同定イナーシャ値に応じて、外乱トルク補償器のパラメータを変更する機能をチューニング部に付加したことにより、特別な調整運転を必要とすることなく、通常の運転時に外乱トルク補償器と速度制御器のゲインを最適値に調整可能とするものである。

【0009】

【作用】上記の構成によれば、特別な調整運転を必要とすることなく、また、速度検出器の有無に関わらず、速度制御器や外乱トルク補償器のゲインを最適値に自動調整することができる。

【0010】

【実施例】

(第1の実施例) まず、本発明の第1の実施例を説明する。図1は第1の実施例に係る誘導電動機の制御装置の構成を示すブロック図である。本装置は、誘導電動機1と、この誘導電動機1の1次電流 I_u 、 I_v (5A、5B)を検出するための電流検出器2A、2Bと、誘導電動機1を可変周波数で駆動する電力変換手段(INV)3と、誘導電動機1の1次電圧 V_u 、 V_v (13A、13B)を検出するための電圧検出器4A、4Bと、1次電流 I_u 、 I_v (5A、5B)を下記(1)式に示すようなトルク電流成分 I_γ (6A)と電磁電流成分 I_δ (6B)とに分ける電流座標変換器7を有する。

【0011】

【数1】

$$\begin{pmatrix} I_\gamma \\ I_\delta \end{pmatrix} = \sqrt{2} \begin{pmatrix} -\cos\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right)\cos\theta \\ -\sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right)\sin\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_u \\ I_v \end{pmatrix} \quad \dots (1)$$

【0012】また、本装置は、誘導電動機1の回転速度を検出するための速度検出器8と、この速度検出器8によって検出された検出速度 W_m (9)および速度指令 W_m^* (10)を用いて、下記(2)式に示すようなトルク

指令 I_γ^ (11)を出力する速度制御器12を有する。

【0013】

【数2】

$$I_\gamma^* = \left(K_p + \frac{K_I}{S} \right) (W_m^* - W_m) + J S W_m \quad \dots (2)$$

【0014】また、本装置は、電圧検出器4A、4Bで検出された1次電圧 V_u 、 V_v (13A、13B)を下記(3)に示すようなトルク軸電圧 V_γ と励磁軸電圧 V_δ とに分ける電圧座標変換器14を有する。

【0015】

【数3】

$$\begin{pmatrix} V_\gamma \\ V_\delta \end{pmatrix} = \sqrt{2} \begin{pmatrix} -\cos\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right)\cos\theta \\ -\sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right)\sin\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_u \\ V_v \end{pmatrix} \quad \dots (3)$$

【0016】また、本装置は、トルク指令 I_γ^* (11)、励磁指令 I_δ^* (15)、各軸検出電流 I_γ 、 I_δ (6A、6B)および検出速度 W_m (10)に基づいて、下記(4)～(6)式に示すように、励磁軸電圧指

令 V_{γ}^* (16A)、励磁指令 V_{δ}^* (16B) および $* [0017]$
出力周波数指令 $W1^*$ (17) を算出する演算器 18 を $【数4】$
有する。

$$V_{\gamma}^* = R_1 I_{\gamma} + W_1 L_1 I_{\delta}^* + K (I_{\gamma}^* - I_{\gamma}) \quad \dots (4)$$

$$V_{\delta}^* = R_1 I_{\delta}^* - W_1 L_{\delta} I_{\gamma} + K (I_{\delta}^* - I_{\delta}) \quad \dots (5)$$

$$W_1^* = n W_m + (R_2 / L_2 I_{\delta}^*) I_{\gamma} \quad \dots (6)$$

【0018】また、本装置は、演算器 18 から得られた 10×3 相交流電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* (18A~18C) に基づいて電力変換手段 3 の各スイッチング波形を生成する PWM 制御器 20 を有する。
【0019】
【数5】

$$\begin{pmatrix} V_u^* \\ V_v^* \\ V_w^* \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} -\sin \theta & \cos \theta \\ -\sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) & \cos\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) \\ -\sin\left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right) & \cos\left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{\gamma}^* \\ V_{\delta}^* \end{pmatrix} \quad \dots (7)$$

【0020】ここで、本発明の第1の実施例では、上記制御装置において、速度推定器 23、適応同定器 24 およびチューニング部 25 が設けられていることを特徴とする。

【0021】速度推定器 23 は、トルク電流成分 I_{γ} (30) (6A)、トルク軸電圧 V_{γ} (21)、励磁指令 I_{δ}^* ★

★ (15) および電動機パラメータを用いて、下記 (8) 式に示すように、誘導電動機 1 の推定速度 (22) を算出する。

【0022】

【数6】

推定速度を \widetilde{W}_m とすると、

$$\begin{aligned} n \frac{d\widetilde{W}_m}{dt} = & \frac{n^2(1-\sigma) L_1 I_{\delta}^*}{J} I_{\gamma} - n \frac{T_L}{J} \\ & + G \left\{ \frac{1}{L_1 I_{\delta}^*} (V_{\gamma} - R_1 I_{\gamma}) - \frac{R_2}{L_2 I_{\delta}^*} I_{\gamma} \right. \\ & \left. - \frac{\sigma}{I_{\delta}^*} \frac{dI_{\gamma}}{dt} - n \widetilde{W}_m \right\} \quad \dots (8) \end{aligned}$$

【0023】適応同定器 24 は、速度推定器 23 によって得られた推定速度 (22) と速度検出器 8 からの検出速度 W_m (9) との誤差に基づいて、検出速度 W_m (9) の変化幅が所定の範囲を越えた場合に、電動機イ

ナーシャを下記表 1 に示すような同定則で適応的に同定する。

【0024】

【表1】

表1 同定則

	$\hat{W}_m(n) - \hat{W}_m(n-1) \leq -\Delta W$	$-\Delta W < \hat{W}_m(n) - \hat{W}_m(n-1) < \Delta W$	$-\Delta W \leq \hat{W}_m(n) - \hat{W}_m(n-1)$
$\hat{W}_m(n) - \tilde{W}_m(n) < -e$	$J(n) = J(n-1) + \Delta J(\hat{W}_m(n) - \tilde{W}_m(n))$	$J(n) = J(n-1)$	$J(n) = J(n-1) - \Delta J(\hat{W}_m(n) - \tilde{W}_m(n))$
$-e \leq \hat{W}_m(n) - \tilde{W}_m(n) \leq e$	$J(n) = J(n-1)$	$J(n) = J(n-1)$	$J(n) = J(n-1)$
$e < \hat{W}_m(n) - \tilde{W}_m(n)$	$J(n) = J(n-1) - \Delta J(\hat{W}_m(n) - \tilde{W}_m(n))$	$J(n) = J(n-1)$	$J(n) = J(n-1) + \Delta J(\hat{W}_m(n) - \tilde{W}_m(n))$

【0025】チューニング部25は、適応同定器24の同定イナーシャ値に応じて、速度推定器23のパラメータおよび速度制御器12のゲインを下記(9)および(10)式に示すように変更する。

【0026】

【数7】

$$J = J(n) \quad \dots (9)$$

$$K_p = \frac{J(n)}{J(o)} K_o \quad \dots (10)$$

【0027】このような構成により、例えばイナーシャが不一致の場合には、図2乃至図4に示すように、推定速度(22)と検出速度 W_m (9)との間に誤差が生じるので、この誤差をなくすように、適応的にイナーシャを同定することにより、通常の運転中であっても、速度制御器12のゲインを最適値に自動調整することができる。

【0028】なお、図2は実イナーシャがモデルよりも

小さい場合、図3は実イナーシャがモデルと一致する場合、図4は実イナーシャがモデルよりも大きい場合を示している。

【0029】(第2の実施例)次に、本発明の第2の実施例を説明する。図5は本発明の第2の実施例に係る誘導電動機の制御装置の構成を示すブロック図である。本発明の第2の実施例では、磁束推定器26および第2の速度推定器27が第1の実施例における速度検出器8の代わりに設けられていることを特徴とする。

【0030】磁束推定器26は、電流検出器2A、2Bによって検出された1次電流 I_u 、 I_v (5A、5B)、電圧検出器4A、4Bによって検出された1次電圧 V_u 、 V_v (13A、13B)および誘導電動機1の電氣的パラメータのみを用い、下記(11)～(13)式に示すようにして磁束を推定する。

【0031】

【数8】

$$I_1 = \begin{pmatrix} I_d \\ I_q \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} \frac{3}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \sqrt{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_u \\ I_v \end{pmatrix} \quad \dots (11)$$

$$V_1 = \begin{pmatrix} V_d \\ V_q \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} \frac{3}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \sqrt{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_u \\ V_v \end{pmatrix} \quad \dots (12)$$

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} \tilde{I}_1 \\ \tilde{\lambda}_2 \end{pmatrix} = \phi \begin{pmatrix} \tilde{I}_1 \\ \tilde{\lambda}_2 \end{pmatrix} + \Gamma \begin{pmatrix} V_1 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} K (\tilde{I}_1 - I_1) \\ 0 \end{pmatrix} \quad \dots (13)$$

但し、

$$\phi = \begin{pmatrix} -\frac{1}{\sigma L_1} \left(n_1 + \frac{M}{L_2} \right)^2 R_2 & 0 & \frac{M}{\sigma L_1 L_2} \left(\frac{R_2}{L_2} \right) & \frac{M}{\sigma L_1 L_2} n \omega_m \\ 0 & -\frac{1}{\sigma L_1} \left(R_1 + \frac{M}{L_2} \right)^2 R_2 & -\frac{M}{\sigma L_1 L_2} n \omega_m & \frac{M}{\sigma L_1 L_2} \left(\frac{R_2}{L_2} \right) \\ \frac{R_2}{L_2} M & 0 & -\frac{R_2}{L_2} & -n \omega_m \\ 0 & \frac{R_2}{L_2} M & n \omega_m & -\frac{R_2}{L_2} \end{pmatrix}$$

$$K = \begin{pmatrix} -\frac{(k-1)(R_1 L_2 - R_2 L_1)}{L_1 L_2 - M^2} & -(k-1) n \omega_m \\ (k-1) n \omega_m & -\frac{(k-1)(R_1 L_2 - R_2 L_1)}{L_1 L_2 - M^2} \\ \frac{R_1 L_2 k^2 - (R_1 L_2 + R_2 L_1)k + R_2 L_1}{M} & \frac{(L_1 L_2 - M^2)(k-1) - n \omega_m}{M} \\ \frac{(L_1 L_2 - M^2)(k-1) n \omega_m}{M} & \frac{R_1 L_2 k^2 - (R_1 L_2 + R_2 L_1)k + R_2 L_1}{M} \end{pmatrix}$$

$$\Gamma = \frac{1}{\sigma L_1}$$

第2の速度推定器27は、磁束推定器26の内部信号を 40 * 【0032】

用い、下記(14)式に示すようにして適応的に誘導電 50 【数9】

動機1の速度を推定する。

*

推定速度を \tilde{W}_m' とすると、

$$\tilde{W}_m' = K_w \int \{ (I_d - \tilde{I}_d) \tilde{\lambda}_q - (I_q - \tilde{I}_q) \tilde{\lambda}_d \} dt \quad \dots (14)$$

【0033】このように、第2の速度推定器27から得られる推定速度(28)を誘導電動機1の検出速度として用いることにより、図1に示すような速度検出器8が

ラメータだけで推定した速度(28)と機械パラメータも含めて推定した速度(22)との差から適応的にイナーシャを同定することで、通常の運転中であっても、速度制御器12のゲインを最適値に自動調整することがで

きる。

【0034】（第3の実施例）次に、本発明の第3の実施例を説明する。図6は本発明の第3の実施例に係る誘導電動機の制御装置の構成を示すブロック図である。本発明の第3の実施例では、第1の実施例の構成において、外乱トルク補償器29が設けられ、適応同定器24の同定イナーシャ値に応じて、外乱トルク補償器29のパラメータを変更する機能がチューニング部25に付加されていることを特徴とする。

【0035】外乱トルク補償器29は、速度制御器12から出力されたトルク指令 I_T^* （12）および速度検出器8からの検出速度 W_m （9）に基づいて、誘導電動機1に加わる外乱トルク分の電流（30）を下記（15）式に示すように推定し、トルク指令 I_T^* に加算することで、外乱トルクを補償する。

【0036】この場合、イナーシャの適応同定器24の同定イナーシャ値に応じて、外乱トルク補償器29のパラメータを変更する機能をチューニング部25に付加することにより、常に制御系を最適値に自動調整できる。

【0037】

【数10】

トルク電流を $\widetilde{I_{dis}}$ とすると、

$$\widetilde{I_{dis}} = I_T^* - \frac{J}{K_T} \frac{dW_0}{dt} \quad \dots (15)$$

*

$$\widetilde{I_{dis}} = I_T^* - \frac{J}{K} \{ (I_d - \widetilde{I_d}) \lambda_g - (I_g - \widetilde{I_g}) \lambda_d \}$$

... (16)

【0042】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、誘導電動機の制御装置において、誘導電動機の推定速度を算出して、推定速度電動機イナーシャを適応的に同定し、この同定イナーシャ値に応じて速度制御器のゲインを変更するようにしたため、制御系を調整する際に、特別な調整運転を必要とせず、通常の運転時において、常に最適な調整が自動的に実行される。これにより、時間の短縮化や調整の簡略化が図れるなどの優れた効果を奏することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る制御装置の構成を示すブロック図。

【図2】上記第1の実施例において、実イナーシャがモデルより小さい場合における検出速度と推定速度との差を示すシミュレーション図。

【図3】上記第1の実施例において、実イナーシャがモデルと一致する場合における検出速度と推定速度との差を示すシミュレーション図。

【図4】上記第1の実施例において、実イナーシャがモデルより大きい場合における検出速度と推定速度との差

*【0038】（第4の実施例）次に、本発明の第4の実施例を説明する。図7は本発明の第4の実施例に係る誘導電動機の制御装置の構成を示すブロック図である。本発明の第4の実施例では、第2の実施例の構成において、外乱トルク補償器32が設けられ、適応同定器24の同定イナーシャ値に応じて、外乱トルク補償器32のパラメータを変更する機能がチューニング部25に付加されていることを特徴とする。

【0039】外乱トルク補償器32は、速度制御器12から出力されたトルク指令 I_T^* （12）、磁束推定器26のパラメータおよび第2の速度推定器27から得られた推定速度 W_m^* （28）に基づいて、誘導電動機1に加わる外乱トルク分の電流（30）を下記（16）式に示すように推定し、トルク指令 I_T^* に加算することで、外乱トルクを補償する。

【0040】この場合、イナーシャの適応同定器24の同定イナーシャ値に応じて、外乱トルク補償器32のパラメータを変更する機能をチューニング部25に付加することにより、常に制御系を最適値に自動調整できる。

20 【0041】

【数11】

30 を示すシミュレーション図。

【図5】本発明の第2の実施例に係る制御装置の構成を示すブロック図。

【図6】本発明の第3の実施例に係る制御装置の構成を示すブロック図。

【図7】本発明の第4の実施例に係る制御装置の構成を示すブロック図。

【図8】従来の制御装置の構成を示すブロック図。

【符号の説明】

1…誘導電動機、2A、2B…電流検出器、3…電力変換手段、4A、4B…電圧検出器、5A、5B…1次電流、6A…トルク電流成分、6B…電磁電流成分、7…電流座標変換器、8…速度検出器、9…検出速度、10…速度指令、11…トルク指令、12…速度制御器、13A、13B…1次電圧、14…電圧座標変換器、15…励磁指令、16A…励磁軸電圧指令、16B…励磁指令、17…出力周波数指令、18…演算器、18A～18C…3相交電圧指令、19…逆変換器、20…PWM制御器、21…トルク軸電圧、22…推定速度、23…速度推定器、24…適応同定器、25…チューニング部、26…磁束推定器、27…第2の速度推定器、28

The diagram illustrates a radio receiver system. It includes an antenna (10) connected to a tuner (25) and a speed control unit (23). The tuner (25) is connected to a frequency converter (18) and a power amplifier (20). The frequency converter (18) is connected to a motor (1) and a display (26). The power amplifier (20) is connected to a speaker (19) and a motor (1). The system is controlled by a microcontroller (12) and a speed control unit (23). The microcontroller (12) is connected to the antenna (10), the frequency converter (18), the power amplifier (20), and the motor (1). The speed control unit (23) is connected to the frequency converter (18), the power amplifier (20), and the motor (1). The display (26) is connected to the frequency converter (18) and the power amplifier (20). The speaker (19) is connected to the power amplifier (20). The motor (1) is connected to the frequency converter (18) and the power amplifier (20).

[illegible]

[illegible][illegible]